天然防蟲物質

余志儒　陳炳輝

人類很早就知道利用天然物質來防治害蟲，天然物質包括植物、動物與礦物等。其中尤以植物的應用最多。中國是世界上最早記錄使用殺蟲植物的國家，『周禮』中就有記載用芥草薰殺蠹蟲，明朝李時珍的『本草綱目』中的多種植物可用於殺蟲更是眾所週知，如巴豆、檳榔、川楝、百部、使君子、雷公藤等。但因為合成化學農藥的廣效、速效與強效，幾乎完全取代了此類天然物質。直到人們再度重視生態、環境的保護以及永續觀念的崛起，對於天然物質的應用才又得以發展。

利用天然物質防治害蟲，除了觸殺與胃毒的毒殺作用外，對害蟲行為上的干擾而達到防除的效果也是另一種方式，例如取食、發育、交尾、產卵及棲息等行為的干擾、忌避或抑制等是。因此，凡能達到防除目的的物質，稱為除蟲物質，若只以殺蟲物質稱之，似有偏漏。天然除蟲物質的採用方式主要有三：(1)直接利用天然物體，如燃煙燻除、乾燥再磨細撒佈等是。(2)抽取成份，可能為粗抽物或精取其有效成份加以利用。(3)以天然物質的有效成份為先導物，再進一步激化或合成而應用(譚等, 2003)。為避免重蹈合成化學農藥的覆轍，還是以取用天然物質為首要。

被用來防治害蟲的天然物質，一般以植物較常見，研究的也最多。致於動物與礦物雖然中國土農藥誌(1959)中就曾提及數種，如斑蝥、蝸牛、牡蠣以及硼酸、硫磺、石灰、硫酸銅、石灰硫磺合劑等，而現下市面上也有矽藻土、甲殼素等產品，但相關的正試試驗報告仍然不足。所以，本文內容主要以植物為主，礦物方面僅取礦物油而與植物油類一併敘述。

除蟲植物及其主要除蟲成份

全世界具有除蟲作用的植物至少一、二千種，且持續在從新的植物種類別中篩選、增加。植物的除蟲機制主要在影響害蟲的感覺或中

樞神經系統、生理生化功能，前者多為毒殺作用，後者多是行為的干擾。雖然科技日新月異，有經化學成分研究的植物種類僅佔約一成左右，待開發的資源仍然豐富。植物所含的除蟲活性成份類別很多，如生物鹼、毒蛋白、有機酸、單寧、樹脂、酯類、酚類、糖類、油類等。一種植物可能含有多類活性成份，而在植物體內的分佈也因種類有異。如除蟲菊酯主要在花中，菸鹼主要在葉片中，檳榔、巴豆、使君子等的主要成份在種子中，百部與魚藤則主要分佈在根部。

一、菊科(Asteraceae)：

全世界約有 1000 屬 2500 種以上，具除蟲效果的種類繁多，約 160 種以上。其中最有名的首推以除蟲菊(*Chrysanthemum* spp.)，從花可分離得多種對昆蟲有毒殺活性的成份，包括除蟲菊素(pyrethrins) Ⅰ與Ⅱ、jasmolins Ⅰ與Ⅱ、cinerins Ⅰ與Ⅱ。目前多為合成除蟲菊酯類之製品，為求得天然的除蟲菊素，新的抽取方法(Kiriamiti *et al*., 2003)及生物技術如組織培養、基因工程等方式已開始研發應用於生產(Kakko *et al*., 2004; Sarin, 2004)。

二、衛茅科(Celastrceae)：

至少有 10 種本科植物被證實有除蟲效果，其中以苦皮藤(*Celastrus angulatus* 及 *C. paniculatus*)與雷公藤(*Tripterygium wilfordii*)研究最多。前者有觸殺、胃毒及忌避作用，主要效果在取自根皮的苦皮素(celangulin Ⅰ～Ⅴ)，後者有胃毒與忌避作用，主要效果在 5 種生物鹼。雷公藤有『菜藥』之稱，乃因在中國很早就被用來防治菜蟲，對咀嚼式口器的昆蟲有胃毒效果。

三、大戟科(Euphorbiaceae)：

約有 40 種已被測試於除蟲作用。蓖麻(*Ricinus communis*)是研究最多的一種，主要除蟲成份是種子中的蓖麻鹼(ricinine) (Holfeder *et al*., 1998)、蓖麻蛋白(ricin) (Ferraz *et al*., 1999)。目前中國大陸已有合成類似物具有殺蟲效果。巴豆(*Croton tiglium*)是具有強烈瀉下作用的重要藥用植物，種子中亦含有蓖麻鹼，而巴豆甘油酯是主要除蟲成份。

四、豆科(Leguminosae)：

豆科植物也是重要資源，已約有 200 種被測試。其中以魚藤(*Derris* spp.)、苦參(*Sophora flavescens*)較有名。前者有觸殺與胃毒作用，主要殺蟲活性成份取自根部，種子與其餘部位含量較少，除魚藤酮(rotenone)外，尚有多種魚藤酮類似物(rotenoid)，包括魚藤素(deguelin)、灰葉素(tephrosin)、灰葉酚(toxicarol)等。魚藤酮可與多種植物精油相溶，如冬青油、黃樟油等。豆科植物的許多屬都可分離得魚藤酮，其中魚藤屬就有 80 多種植物。後者以苦參鹼(matrine)最重要，其根、莖、葉皆可萃取得。苦參鹼具神經毒，先作用於中樞神經，進而抑制呼吸。中國大陸已有多種含苦參鹼的殺蟲劑上市。(譚等, 2003)

五、百合科(Liliaceae)：

已約有 20 餘種本科植物被測試，但仍以古時後就被應用的藜蘆(*Veratrum formosanum*)效果較顯著。其根部抽出物的生物鹼為主要除蟲成份，包括原藜蘆鹼(protoveratrine)、藜蘆鹼(jervine)、偽藜蘆鹼(pseufi-jervine)等 30 種以上的生物鹼。藜蘆鹼能使昆蟲肌肉癱瘓，對哺乳動物黏膜也有刺激性。(譚等, 2003)

六、楝科(Meliaceae)：

1927 年印度發生蝗災，觀察到蝗蟲拒食印楝樹，而引發深入的研究。楝科全世界約有 52 屬 1400 種，至少有 44 種已被研究具有除蟲作用，其中以印楝(*Azadirachta india*)、川楝(*Melia toosendan*)及苦楝(*M. azedarach*)研究較多。印楝主要的除蟲物質有萜類、甾醇、類固醇及青春激素等，其中以三萜烯類的印楝素(azadirachtin)為最具潛力(Lowery *et al.*, 1993)。印楝素可刺激蝗蟲與鱗翅目幼蟲口器的阻礙神經(deterrent neurone)(Blaney *et al.*, 1994)，在極低濃度下(10^{-6} M)對蝗蟲(*Locusta migratoria*)與 2 種夜蛾(*Spodoptera littoralis*, *Schistocerca gregaria*)有顯著拒食效果(Mordue and Blackwell, 1993; Simmonds *et al.*, 1995)。此外，亦有調節昆蟲生長及忌產卵的作用，種子之油餅可做為肥料並可同時防治白蟻(Jacobson, 1990)。川楝素(toosendanin)取自川楝與苦楝種核或葉片，是三萜類化合物，具胃毒育拒食作用。

七、無患子科(Sapindaceae)：

無患樹(*Sapindus mukorossi* Gaertn.)的果皮與果肉含無患子皂素(saponin)(邱與張, 2001)。其抽出物對福壽螺具致死效果，農試所將之研製成粒劑，已獲核准國內專利。此科的無患子屬(*Sapindus*)已記錄 13 種，植物體皆含有皂素。

圖 1. 無患樹(*Sapindus mukorossi* Gaertner)。

八、苦木科(Simaroubaceae)：

已被研究的種類不多。臭椿(*Ailanthus altissia*)全株根、莖、葉、及果實皆含有苦木素(quassin or nigakilactone D)，具強殺蟲、菌效果，種子油亦含有抑蟲物質，但其丙酮抽出物無忌避效果。苦木樹(*Quassia amara*)木材與葉片的甲醇抽出物有拒食作用(Mancebo *et al.*, 2000)。

九、茄科(Solanaceae)：

在 Martin Jacobson (1990) 書中就提及56種茄科植物被測試除蟲效果。菸草(*Nicotiana tabacum*)有薰蒸、觸殺或忌避作用，主要成份是菸鹼(nicotine)，能穿透昆蟲表皮達到致死效果。游離的左旋菸鹼具揮發性有薰蒸效果，當與脂肪酸作用則生成鹽類，易溶於水且有殺蟲活性。菸草的水浸出液與鹼性物質作用成鹼性後，即易成游離而具揮發性。目前已有類似菸鹼的化學合成物。蕃茄(*Lycopersicon esculentum*)近年來有較多之研究，具有觸殺及胃毒作用，主要成份為生物鹼(alkaloids)，其餘尚有黃酮化合物(flavonoids)、蕃茄素(tomatine)、酚類物質(Duffey and Isman, 1981; Elliger *et al.*, 1981)。

油類

常被用於除蟲的天然油類有植物油、動物油與礦物油(mineral oil 或 petroleum oil)。常見的植物油中，直接榨取自種子的一般稱為種子油(seed oil)，從植物體分離得具有香氣的油性物質稱為精油(essential oil)。動物油較少用，故以下僅就植物油與礦物油做一簡介。

一、種子油

植物的種子油也可防除害蟲。玉米油、花生油、葵花油及芝麻油在 10 ml/kg 劑量下，能使 3 種豆象的產卵量減少(Rajapakse and van Emden, 1997)。粗製棕櫚仁油與米糠油以 1.5-3.0 g/kg 的劑量可完全控制埃及豆與 mung bean 不被豆象(*Callosobruchus maculates*)為害達 5 個月，部份控制則達 15 個月。粗製棉子油以 10 g/kg 的劑量可完全控制小麥與玉米不被米象(*Sitophilus oryzae*)與玉米象(*S. zeamais*)為害達 4 至 5 個月 (Shaaya *et al*., 1997)。當種子油與殺蟲劑混合使用時，可增強藥效，因為種子油可能有誘食作用，增加了藥劑與害蟲接觸的機會(Don-Pedro, 1989)。花生油、油菜油、葵花油在與亞特松(pirimiphos-methyl)以 1 比 1 混合，對穀象(*Sitophilus granarius*)的毒殺效果與完全亞特松相同，用 10 ml/kg 劑量在 24 小時內皆 100%致死(Tembo and Murfitt, 1995)。

二、精油

植物精油是從植物體分離具有香氣的油性物質，植物體可以是根、莖、葉、花、果、種子等任何部位或其分泌物。在常溫下精油通

常呈液態油狀、易揮發、具特殊香味、折光率較高、鮮少溶於水但可溶於有機溶劑。常應用於香料、調味料、香水及食品工業上，也有用於對昆蟲的忌避，如樟腦油、香茅油、桉樹油等。近年來，不止忌避，更有對接觸、薰蒸的殺蟲劑進行研究。

有些植物精油對昆蟲有誘集效果，例如一種做為香料的當歸(*Angelica sinensis* (Oliv.) Diels)根與種子的精油對地中海果實蠅(*Ceratitis capitata* (Wiedemann))的誘引極有效，在其防治上發揮很大的效果。此後進而在丁香油中發現甲基丁香酚與4-(乙氧基苯)-2丁酮，分別對東方果實蠅(*Batrocera dorsalis* (Hendel))對瓜實蠅(*Bactrocera cucurbitae* (Coquillett))具強誘引力。精油中的(E)-6-壬烯乙酸對瓜實蠅成蟲有誘引產卵效果，且能抑制卵的孵化(Voaden, 1984)。有的植物精油具有忌避作用，例如薄荷油中的 1,8-桉葉素對洋蔥蚜(*Neotoxoptera formosana* (Takahashi))有極強的忌避效果(Masatashi and Hiroaki, 1997)。南茼蒿(*Chrysanthemum segetum*)的精油中的對紋白蝶有忌食作用(吳照華等，1994)。將唇形花科植物的精油用丙酮稀釋 500 至 1000 倍對豆類赤葉蟎(*Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval))有致死與忌避作用，且能使成蟲產卵量減少(Mansour *et al.*,1986)。小茴香(*Cuminum cyminum*)、大茴香(*Pimpinella ansium*)及桉樹(*Eucalyptus camaldulensis*)精油對棉蚜與豆類赤葉蟎有薰蒸防除效果(Tuni and Sahinkaya, 1998)。倉儲害蟲方面也有相當多的研究，百里香(*Thymus serpyllum*)與 *Origanum majorama* 精油對豆象(*Acanthoscelides obtectus* Say)的毒性是受測 22 種唇形科植物中最強的(Regnault-Roger *et al,*. 1993)。鬱金(*Curcuma linga* (L.))油使赤擬穀盜(*Rhyzopertha dominica* (F.))的幼蟲無法正常發育化蛹、或畸形蛹、或畸形成蟲甚至死亡(Jilani and Saxena, 1990)。某些植物精油可毒殺昆蟲，如蒜(*Allium sativum*)油能殺死斜紋夜蛾的幼蟲(Deb-Kirtaniya *et al*., 1980)。

三、礦物油

礦物油是原油(crude oil)經分餾煉製而得，因煉製不同而分有煤油、石蠟油、白油及噴霧油等。礦物油很早就被應用於植物保護上，早期有用煤油塗刷在柑桔樹上防治介殼蟲的記錄。礦物油的殺蟲能力與石腊(Paraffin)的含量成正比，精製後可提高石腊含量，在夏天施用不會傷害植物，故稱為夏油(summer oil)。夏油再依其精製程度，可分成

休眠油(dormant oil)、高級夏油(superior oil)和超級夏油(supreme oil)等。但一般礦物油因為未磺化不夠高，如夏油的未磺化值(unsulphonated residue, UR)僅在 86%左右，仍然容易產生藥害。目前因精煉技術的進步，已有高未磺化值的礦物油出現，有人稱之為精煉窄域油(narrow range oil)，UR 達 98%，可以減低藥害並提高效果。因此，農委會於 93 年公告，將植保用礦物油的未磺化值修訂須高於 92% (行政院農業委員會農授防字第 0931484174 號公告)。

圖 2. 提取天然物質常用的儀器。
A.榨油機；B.精油機；C.絞汁機；D.減壓濃縮機；E.減壓冷凍乾燥機；F.高壓殺菌鍋。

礦物油可在植物體上形成一層薄膜，達到分隔病蟲害的物理防治效果。或施佈在害蟲體或卵上，能阻礙其正常呼吸，甚而窒息死亡。亦有研究指出礦物油的成份或其轉化物能與害蟲的脂肪酸作用，進而干擾害蟲的新陳代謝。礦物油使用時，須注意要有適當的乳化，才能發揮效果。

結語

活性物質為天然產物(natural occurrence)是美國官方認定為生化農藥(biochemical pesticieds)的必要條件之一，而活性物質歸類在生化農藥比歸類在傳統農藥有利，乃在於前者對於檢驗資料的要求比較少(例如，影響人體健康方面的測試結果)(McClintock *et al.*, 1994)。天然物質應用於害蟲防治的優點，與合成化學殺蟲劑相較，有(1)無殘毒問題，其有效成份為自然產物，在自然界中會自然分解。(2)不易產生抗藥性，一種植物可能同時具有數種殺蟲機制。(3)對人畜較安全等。但相對的也有缺點，如(1)穩定性低，活性成份較易分解，保存期較短。(2)組成份複雜，且因生長地區及採收季節而影響效果。(3)影響植物相，因為有可能為了種植除蟲植物而取代其他在地植物。既然人類為了生態的永續發展而採用植物抽出物來防治害蟲，是取其優點來減少合成化學農藥的使用，當然也必須面對其缺點。無可避免的要接受它的穩定性低與成份複雜等問題，否則可能又要重蹈合成化學農藥的覆轍。尤其對於植物相的影響更應極力避免，因為植物相的失衡絕非永續經營所樂見。

參考文獻

中國土農藥誌編輯委員會。1959。中國土農藥誌。科學出版社，北京，中國。

行政院農業委員會農授防字第 0931484174 號公告。2004。礦物油乳劑之規格。

邱年永、張光雄。2001。無患樹。第 130 頁，於原色臺灣藥用植物圖鑑(5)。台北 天南書局出版。

吳照華、王軍、李金翠。1994。茼蒿精油的距食活性和化學組分。天然產物研究與開發 6: 190-192。

徐美娟、管致和。1993。番茄植株中黃酮類對菜青蟲(*Pieris rapae* L.)的活性組分及其對截形葉蟎(Tetranychus truncates Ehara)的毒效。北京農業大學學報 19(2)︰55-60。

徐漢虹。2001。殺蟲植物與植物殺蟲劑。中國農業出版社，北京，中國。

譚仁祥、王劍文、徐琛、崔桂友。2003。植物拒食劑、殺蟲劑 84-127 頁。於植物成份功能。科學出版社，北京，中國。

Adekenov, S. M. 1995. Sesquiterpene lactones from plants of the family Asteraceae in the Kazakhstan flora and their biological activity. Chem. Nat. Compounds 31: 21-25.

Blaney, W. M., M. S. J. Simmonds, S. V. Ley, J. C. Anderson, S. C. Smith, and A. Wood. 1994. Effect of azadirachtin-derived decalin (perhydronaphthalene) and dihydrofuranacetal (furo[2,3-*b*]pyran) fragments on the feeding behaviour of *Spodoptera ittoralis*. Pestic. Sci., 40: 169-173.

Boeke, S. j., I. R. Baumgart, J. J. A. van Loon, A. van Huis, M. Dicke, andD. K. Kossou. 2004. Toxicity and repellence of African plants traditionally used for the protection of stored cowpea against *Callosobruchus maculates*. J. Stor. Prod. Res. 40: 423-438.

Duffey, S. S., and M. B. Isman, 1981. Inhibition of insect larval growth by phenolics in glandular trichomes of tomato leaves. Experientia 37: 574.

Deb-Kirtaniya, S., M. R. Ghosh, and N. Adityachaudhury. 1980. Extracts of garlic as possible source of insecticides. Indian J. agric. Sci., 50: 507-510.

Elliger, G. A., Y. Wong, B. G. Chan, and A. C. Jr. Waiss. 1981. Growth inhibitors in tomato (Lycopersion) to tomato fruitworm, *Manduca sexta*. Entomol. Exp. Appl. 45: 123

Ferraz, A. C., M. E. M. Angelucci, M. L. Da Costa, I. R. Batista, B. H. De Oliveira, and C. Da Cunha. 1999. Pharmacological Evaluation of Ricinine, a Central Nervous System Stimulant Isolated from *Ricinus communis*. Pharm. Biochem. & Behav. 63: 367-375.

Godkar, P. B., R. K. Gordon, A. Ravindran, and B. P. Doctor. 2004. *Celastrus paniculatus* seed water soluble extracts protect against glutamate toxicity in neuronal cultures from rat forebrain. J. Ethnopharmacol. 93: 213-219.

Holfeder,M. G. A. H., M. Steck, E. Komor, and K. Seifert. 1998. Ricinine in phloem sap of *Ricinus communis*. Phytochemistry 47: 1461-1463.

Isman, M. B. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. Crop Protection 19: 603-608.

Jacobsen, M. 1988. Botanical pesticides past, present and future. *In*: J. T. Amason, B. J. R. Philogene, and P. Morand. eds. Insecticides of plant origin. Am. Chem. Soc. Series. 387: 1-10.

Jacobsen, M. 1990. Azadirachta indica. p. 70-71. *In*: Glossary of Plant-Derived Insect Drterrents. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, U. S.

Jilani, G.., and R. C. Saxena. 1990 Repellent and feeding deterrent effects of turmeric oil, sweetflag oil, and aneem-based insecticide against lesser grain borer (Coleoptera: Bostrychidae). J. Econ. Entomol., 83: 629-634.

Kakko, I. T. Toimela, and H. Tahti. 2004. The toxicity of pyrethroid compounds in neural cell cultures studied with total ATP, mitochondrial enzyme activity and microscopic photographing. Environ. Toxicol. & Pharmacol. 15: 95-102.

Kiriamiti, H. K., S. Camy, C. Gourdon, and J. S. condoret. 2003. Pyrethrin extraction from pyrethrum flowers using carbon dioxide. J. Supercritical Fluids, 26: 193-200.

Lowery, D. T., M. B. Isman, and N. L. Brard. 1993. Laboratory and field evaluation of neem for the control of aphids (Homoptera: Aphididae). J. Econ. Entomol. 86: 864-870.

Mancebo, F., L. Hilje, A. Mora, and R. Salazar. 2000. Antifeedant activity of *Quassia*

amara (Simaroubaceae) extracts on *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. Crop Prot. 19: 301-305.

Mansour, T., U. Ravid, and E. Putievsky. 1986. Studies of the effects of essential oils isolated from 14 species of Labiatae on the carmine spider mite, *Tetracychus cinnabarinus*. Phytoparasitica, 14: 137-142.

Masatoshi, H., and K. Hiroaki. 1997. Repellency of rosemary oil and its components against the onion aphid, Neotoxoptera formosana (Takahashi) (Homoptera: Aphididae). Appl. Entomol. Zool. 32: 303-310.

McClintock, J. T., J. L. Kough, and R. D. Sjoblad. 1994. Regulatory oversight of biochemical pesticides by the U.S. Environmental Protection Agency: health effects considerations. Regulatory Toxicology and Pharmacology 19: 115-124.

Mordue (Luntz), A. J., and A. Blackwell. 1993. Azadirachtin: anUpdate. J. Insect Physiol. 39: 903-924.

Nicholson, S. S. 1995. Review article toxicity of insecticides and skin care products of botanical origin. Verterinary Dermatol. 6: 139-143.

Pascual-Villalobos M. J., and A. Robledo. 1999. Anti-insect activity of plant extracts from the wild flora in southeastern Spain. Biochem. Sys. & Ecol. 27: 1-10.

Rajapakse, R., and H. F. van Emden. 1997. Potentioal of four vegetable oils and ten botanical powders for reducing infestation of cowpeas by *Callosobruchus maculates, C. chinesis and C. rhodesianus*. J. Stored. Prod. Res. 33: 59-68.

Ray, D. E. 1991. Insecticides of plant origin. pp. 585-636. *In*: Hayes, W. J., Jr., and E. R. Laws, Jr. eds. Handbook of pesticides. New York, Academic Press.

Regnault-Roger, C., A. Hamraoui. M. Holeman, E. Theron, and R. Pinel. 1993. Insecticidal effect of essential oils from mediterranean plants upon*Acanthoscelides Obtectus* Say (Coleoptera, Bruchidae), a pest of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Chem. Ecol. 19: 1233-1244.

Sarin, R. 2004. Insecticidal activity of callus culture of *Tagetes erecta*. Fitoterapia 75: 62-64.

Shaaya, E., M. Kostjukovski. J. Eilberg, and C. Sukprakarn. 1997. Plant oils fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. J. Stored. Prod. Res. 33: 7-15.

Simmonds, M. S. J., W. M. Blaney, R. B. Grossman, and S. V. ley. 1995. Behavioural responses of Locusts and *Spodoptea littoralis* to azadirachtin and azaderachtin analogues containing fluorescent and immunogenic report groups. J. Insect Physiol. 41: 555-564.

Tembo, E., and R. F. Murfitt. 1995. Effect of combining vegetable oil with pirimiphos-methyl for protection of stored wheat against *Sitophilus granaries* (L.). J. Stored Prod. Res. 31: 77-81.

Tuni, I., and S. S ahinkaya. 1998. Sensitivity of two greenhouse pests to vapours of essential oils. Entomol. exp. appl. 86: 183-187.

Voaden, D. J., and M. Jacobson. 1984. Synthesis and biological evaluation of candidate nonenyl acetates as melon fly ovipositional attractances. J. Agric. Food Chem. 32: 769-773.